



TUGAS AKHIR - SF 141501

**STUDI AWAL FABRIKASI DAN KARAKTERISASI
DIRECTIONAL COUPLER KONFIGURASI 4x4 SERAT
OPTIK PLASTIK *STEP INDEX MULTIMODE* TIPE FD-
620-10 MENGGUNAKAN METODE *HEATING AND
PRESSING***

Elis Nuraini
NRP 1112 100 022

Dosen Pembimbing
Drs. Gontjang Prajitno, M.Si

Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - SF 141501

**STUDI AWAL FABRIKASI DAN KARAKTERISASI
DIRECTIONAL COUPLER KONFIGURASI 4x4 SERAT
OPTIK PLASTIK *STEP INDEX MULTIMODE* TIPE FD-
620-10 MENGGUNAKAN *METODE HEATING AND
PRESSING***

Elis Nuraini
NRP 1112 100 022

Dosen Pembimbing
Drs. Gontjang Prajitno, M.Si

Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - SF 141501

**A PRELIMINARY STUDI OF FABRICATION AND
CHARACTERIZATION OF DIRECTIONAL COUPLER
CONFIGURE 4x4 PLASTIC OPTIC FIBRE STEP INDEX
MULTIMODE TYPE FD-620-10 USING HEATING AND
PRESSING METHODE**

Elis Nuraini
NRP 1112 100 022

Advisor
Drs. Gontjang Prajitno, M.Si

Department of Physics
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institute of Technology Sepuluh Nopember

**STUDI AWAL FABRIKASI DAN KARAKTERISASI
DIRECTIONAL COUPLER KONFIGURASI 4x4 SERAT
OPTIK PLASTIK STEP INDEX MULTIMODE TIPE FD-
620-10 MENGGUNAKAN METODE HEATING AND
PRESSING**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Bidang Optoelektronika
Program Studi S-1 Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ELIS NURAINI

NRP 1112100022

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Drs. Gontjang Prajitno, M.Si

NIP. 19660102 199003 1 001



Surabaya, Januari 2017



**STUDI AWAL FABRIKASI DAN KARAKTERISASI
DIRECTIONAL COUPLER KONFIGURASI 4x4 SERAT
OPTIK PLASTIK STEP INDEX MULTIMODE TIPE FD-
620-10 MENGGUNAKAN METODE HEATING AND
PRESSING**

Nama : Elis Nuraini
NRP : 1112100022
Jurusan : Fisika, FMIPA ITS
Pembimbing : Drs. Gontjang Prajitno, M.Si

Abstrak

Fabrikasi directional coupler singlemode maupun multimode berbentuk pandu gelombang slab masih sangat sulit dilakukan dan membutuhkan peralatan yang rumit. Untuk mengatasi kendala tersebut telah dilakukan fabrikasi directional coupler dengan metode Fused Biconical Tapered (FBT), yaitu dengan menggabungkan sejumlah serat optik pada panjang kopling tertentu sehingga menjadi directional coupler dengan N-port (Sekartedjo dkk, 2007). Metode yang digunakanpun cukup sederhana yaitu dengan membagi daya (power divider) pada directional coupler. Akan tetapi, pada metode Fused Biconical Tapered (FBT) masih ditemui beberapa kendala yaitu, adanya daya yang bocor melalui celah-celah benang pada saat penggandengan serat optik, sehingga daya yang dihasilkan tidak terbagi secara merata. Oleh karena itu, dalam penelitian ini directional coupler difabrikasi menggunakan bahan serat optik plastik (POF) step index multimode tipe FD-620-10 dengan metode Heating and Pressing.

Kata kunci: *directional coupler, fused biconical tapered, heating and pressing, step index multimode.*

**A PRELIMINARY STUDY OF FABRICATION AND
CHARACTERIZATION OF DIRECTIONAL COUPLER
CONFIGURE 4x4 PLASTIC OPTIC FIBRE STEP INDEX
MULTIMODE TYPE FD-620-10 USING HEATING AND
PRESSING METHODE**

Name : Elis Nuraini
NRP : 1112100022
Major : Physics, FMIPA-ITS
Advisor : Drs. Gontjang Prajitno, M.Si

Abstract

Fabrication directional coupler singlemode or multimode shaped slab waveguide is still very difficult to do and requires complex equipment. To overcome these obstacles has been done by the method of fabricating directional coupler Fused biconical Tapered (FBT), by combining a number of optical fibers in a particular coupling length so that a directional coupler with N-port (Sekartedjo et al, 2007). Digunakanpun fairly simple method is to divide the power (power divider) in the directional coupler. However, the method Fused biconical Tapered (FBT) is still encountered some constraints, namely, their power is leaking through the cracks thread when coupling the optical fiber, so that the generated power is not divided evenly. Therefore, in this study directional coupler fabricated using plastic optical fiber (POF) step index multimode type FD-620-10 with methods Heating and Pressing.

Keywords: *directional coupler, fused biconical tapered, heating and pressing, step index multimode.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan berkah, rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir. Sholawat serta salam tetap tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kami dari kebodohan menuju cahaya kebenaran. Tugas Akhir (TA) ini penulis susun sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar sarjanadi jurusan Fisika FMIPA ITS dengan judul:

“Fabrikasi dan Karakterisasi Directional Coupler Konfigurasi 4x4 Serat Optik Plastik Step Index Multimode Tipe FD-620-10 Dengan Menggunakan Metode Heating and Pressing”

Penulis mempersembahkan Karya Tulis ini kepada masyarakat Indonesia guna berpartisipasi dalam perkembangan ilmu pengetahuan di bidang sains dan teknologi. Penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Yahya Hendrayana (Alm) dan Ibu Sri Astatik (Almh) yang telah memberikan semua hal terbaik dan terindah bagi penulis.
2. Bu Dhe Anik Wagianti, Pak Dhe Suhartono, Uwak H. Mopid, dan Uwak Cicih yang telah memberikan dukungan dan *support* sepenuhnya kepada penulis, terutama doa restunya.
3. Kakakku Ella Nurfalah dan Heni Nur Apriliyah, serta adekku Sakina Nur Azizah dan Rizky Ayu Permata Putri yang telah memberikan dukungan dan *support* sepenuhnya kepada penulis, terutama doa restunya.
4. Bapak Prof. Dr. Rer.nar. Bagus Jaya S, S.U sebagai dosen wali yang selalu memberikan bimbingan dan arahan yang membangun bagi penulis.

5. Bapak Drs. Gontjang Prajitno, M.Si sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membagi pengalaman, memberikan bimbingan, wawasan, dan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Dr. Yono Hadi P., M. Eng. dan Bapak Eko Minarto selaku Ketua Jurusan dan Wakil Jurusan Fisika FMIPA ITS yang telah memberikan kemudahan sarana kepada penulis selama kuliah sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.
7. Bapak Miftahul Ghofar yang senantiasa membantu dalam peminjaman laboratorium dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir.
8. Bapak Rohman Rohim, Bapak Abdul Kanan, dan Bapak Tari dari Laboratorium Metal Jurusan Material dan Metalurgi-ITS yang telah membantu dalam proses pengujian sampel penelitian ini.
9. Teman-teman seperjuangan Tugas Akhir (Ning, Haiyina, Mega, Evi, dan Maulana) yang selalu menemani penulis dari awal fabrikasi sampai pengambilan data sehingga penelitian ini selesai.
10. Januar dan Niko (Alumni Fisika 2012) yang telah memberikan pengalaman dan referensi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
11. Kepada teman-teman seperjuangan hidup (Lian, Nur, Tria, Ana, Rosena, dan Susmita) yang senantiasa memberikan pengalaman, semangat dan keceriaannya.
12. Kepada teman-teman mentoring (Mbak Tyas, Mbak Retno, Mbak Anjar, Shaffi, dll) yang senantiasa memberikan pengalaman, semangat dan doa restunya.
13. Kepada keluarga Fisika ITS 2012 (FBI 2012) yang telah menjadi angkatan terbaik dan keluarga penulis selama di Fisika FMIPA ITS, sukses kita semua.
14. Segenap pengurus BEM FIMPA ITS periode 2014/2015 (terutama pengurus inti) yang telah memberikan arti tentang keluarga dan organisasi, bangga pernah bekerjasama dengan kalian.

15. Kepada Mas dan Mbak pengurus inti BEM FIMPA ITS periode 2013/2014 yang pernah memberikan ilmu tentang keorganisasian kepada penulis.
16. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kesalahan. Mohon kritik dan saran pembaca guna menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak. Amiin Ya Rabbal Alamiin.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

nurainielis899@gmail.com

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN JUDUL | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| ABSTRAK | iv |
| ABSTRACT | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| BAB I. PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.6 Sistematika Laporan | 4 |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Serat Optik | 7 |
| 2.2 Pandu Gelombang <i>Directional Coupler</i> | 12 |
| 2.3 <i>Directional Coupler</i> Konfigurasi 4x4 | 17 |
| BAB III. METODOLOGI PENELITIAN | |
| 3.1 Alat dan Bahan | 21 |
| 3.2 Tahap Fabrikasi <i>Directional Coupler</i> | 21 |
| 3.2.1 Pemotongan dan Pengupasan Serat Optik | 21 |
| 3.2.2 Tahap Pemolesan | 22 |
| 3.2.3 Tahap Uji Kerataan | 23 |
| 3.2.4 Tahap Penggandengan | 26 |

| | |
|--|----|
| 3.3 Tahap Karakterisasi <i>Directional Coupler</i> | 29 |
| BAB IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1 Fabrikasi <i>Directional Coupler</i> | 31 |
| 4.1.1 Metode <i>Heating and Pressing</i> | 31 |
| 4.1.2 Hasil Fabrikasi Metode <i>Heating and Pressing</i> | 32 |
| 4.2 Karakterisasi <i>Directional Coupler</i> Menggunakan Sensor BF5R-D1-N | 35 |
| 4.1.2 Hasil Karakterisasi <i>Directional Coupler</i> | 35 |
| 4.3 Pembahasan | 38 |
| BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1 Kesimpulan | 41 |
| 5.2 Saran | 41 |
| DAFTAR PUSTAKA | 43 |
| LAMPIRAN | 45 |
| Biodata Penulis | 51 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabel 3.1 | Spesifikasi BF5R-D1-N | 29 |
| Tabel 4.1 | Data Hasil Karakterisasi <i>Directional Coupler</i> dengan Panjang Kupasan 35 mm | 36 |
| Tabel 4.2 | Data Hasil Prosentase <i>Directional Coupler</i> dengan Panjang Kupasan 35 mm | 36 |
| Tabel 4.3 | Karakterisasi <i>Directional Coupler</i> dengan Panjang Kupasan 35 mm | 37 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------|--|----|
| Gambar 2.1 | Struktur Dasar Penyusun Serat Optik | 5 |
| Gambar 2.2 | Struktur Serat Optik <i>Multimode Step Index</i> dan <i>Graded Index</i> Serta Profil Indeks Biasnya | 6 |
| Gambar 2.3 | Dimensi <i>Core</i> dan <i>Cladding</i> Serat Optik | 7 |
| Gambar 2.4 | Refleksi dan Refraksi Berkas Cahaya Pada Bidang Batas 2 Medium | 8 |
| Gambar 2.5 | Transmisi Cahaya Ke Dalam Serat Optik | 9 |
| Gambar 2.6 | Geometri Serat Optik Dalam Koordinat Silinder | 11 |
| Gambar 2.7 | Distribusi Amplitudo Medan Di <i>Core</i> dan <i>Cladding</i> Untuk Orde 0 dan 1 | 14 |
| Gambar 3.1 | Proses Pengupasan <i>Coating</i> | 20 |
| Gambar 3.2 | Proses Pemolesan | 21 |
| Gambar 3.3 | Proses Uji Kerataan | 22 |
| Gambar 3.4 | Hasil Pengamatan Pada <i>Stereo</i> Mikroskop | 23 |
| Gambar 3.5 | Hasil Pengamatan Pada <i>Stereo</i> Mikroskop Dengan Disinari Laser | 24 |
| Gambar 3.6 | Proses Fabrikasi <i>Directional Coupler</i> dengan Metode <i>Heating and Pressing</i> | 25 |
| Gambar 3.7 | Cetakan <i>Pressing</i> dan Logam Penekan | 26 |
| Gambar 3.8 | Hasil Fabrikasi <i>Directional Coupler</i> | 27 |
| Gambar 3.9 | Gambaran Proses Karakterisasi Dengan BF5R-D1-N | 29 |
| Gambar 4.1.a | Nilai <i>Output Channel</i> yang Kurang Dari 100 | 33 |
| Gambar 4.1.b | Nyala Tiap Port yang Redup Pada Saat Disinari Laser Dioda | 33 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 4.2 | Serat Optik Tidak Tergandeng | 33 |
| Gambar 4.3 | Fabrikasi Ke-1 <i>Directional Coupler</i> Konfigurasi 2x2 Pada Suhu 120 ⁰ c dan Lama Pemanasan 15 menit dengan serat optik dikepang | 34 |
| Gambar 4.4 | Fabrikasi Ke-1 <i>Directional Coupler</i> Konfigurasi 2x2 Pada Suhu 120 ⁰ c dan Lama Pemanasan 15 menit dengan serat optik dikepang | 34 |
| Gambar 4.5 | Fabrikasi <i>Directional Coupler</i> Konfigurasi 2x2 Pada Suhu 150 ⁰ c dan Lama Pemanasan 15 menit dengan serat optik dikepang | 35 |
| Gambar 4.6 | Fabrikasi <i>Directional Coupler</i> Konfigurasi 4x4 Pada Suhu 130 ⁰ c dan Lama Pemanasan 15 menit dengan serat optik dikepang | 35 |
| Gambar 4.7 | Nyala Tiap <i>Port</i> Redup Saat Disinari Laser Dioda | 36 |
| Gambar 4.8 | Fabrikasi <i>Directional Coupler</i> Konfigurasi 4x4 Pada Suhu 120 ⁰ c dan Lama Pemanasan 25 menit | 37 |
| Gambar 4.9 | Fabrikasi <i>Directional Coupler</i> Menggunakan Serat Optik yang Tidak Berhasil DIfabrikasi | 37 |
| Gambar 4.10 | Hasil Karakterisasi dengan Nilai Intensitas yang Kecil | 38 |
| Gambar 4.11 | <i>Directional Coupler</i> Tergandeng dan Terkikis | 39 |
| Gambar 4.12 | <i>Directional Coupler</i> Meleleh dan Putus | 39 |
| Gambar 4.13 | Fabrikasi <i>Directional Coupler</i> yang Berhasil Dilakukan | 40 |
| Gambar 4.14 | Nyala Tiap <i>Port</i> Terang Saat Disinari Laser Dioda | 40 |
| Gambar 4.15 | Susunan <i>Port</i> Pada <i>Directional Coupler</i> | 41 |
| Gambar 4.16 | Grafik Nilai Intensitas Cahaya Pada Tiap <i>Output Port</i> | 42 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|------------|---|----|
| Lampiran A | Data Hasil Karakterisasi Dengan Menggunakan BF5R-D1-N | 45 |
| Lampiran B | <i>Datasheet</i> Serat Optik Plastik Tipe FD-620-10 | 49 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi komunikasi serat optik berkapasitas tinggi telah memberikan terobosan besar dalam penemuan laser pada tahun 1960, yaitu ditemukannya laser ruby dan diikuti dengan demonstrasi kerja laser pada piranti semikonduktor pada tahun 1962. Pada tahun 1966, terjadi suatu evolusi secara paralel terhadap teknologi serat optik. Namun pada tahun tersebut serat optik memiliki *loss* lebih besar daripada 1000 dB/km. Baru pada tahun 1970 serat dengan *loss* yang rendah dikembangkan dan komunikasi serat optik menjadi praktis. Serat optik yang digunakan berbentuk silinder seperti kawat pada umumnya, terdiri dari bagian inti (*core*) yang dibungkus oleh kulit (*cladding*) dan keduanya dilindungi oleh jaket (*coating*).

Dalam perkembangannya, serat optik tidak hanya berfungsi mentransmisikan informasi, tapi berkembang menjadi divais optik dengan fungsi lebih luas. Divais optik yang dikembangkan saat ini adalah *directional coupler* yang berfungsi sebagai komponen *optical switching*, *multiplexing*, *demultiplexing* pada perangkat WDM (*Wavelength Division Multiplexing*), pemecah berkas (*splitter*) dan pemecah daya atau *power divider*. Kajian teoritis dan eksperimen tentang *directional coupler* sebagai peranti *multiplexing* sudah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu diantaranya adalah pembuatan *directional coupler* menggunakan substrat LiNbO_3 , gelas, dan semikonduktor yang berbentuk pandu gelombang *slab* (Rohedi, 1997).

Fabrikasi *directional coupler singlemode* maupun *multimode* berbentuk pandu gelombang *slab* masih sangat sulit dilakukan dan membutuhkan peralatan yang rumit. Untuk mengatasi kendala tersebut telah dilakukan fabrikasi *directional coupler* dengan metode *Fused Biconical Tapered* (FBT), yaitu dengan menggabungkan sejumlah serat optik pada panjang kopling tertentu sehingga menjadi *directional coupler* dengan N-

port (Sekartedjo dkk, 2007). Metode yang digunakanpun cukup sederhana yaitu dengan membagi daya (*power divider*) pada *directional coupler*. Akan tetapi, pada metode *Fused Biconical Tapered* (FBT) masih ditemui beberapa kendala yaitu, adanya daya yang bocor melalui celah-celah benang pada saat penggandengan serat optik, sehingga daya yang dihasilkan tidak terbagi secara merata. Oleh karena itu, dalam penelitian ini *directional coupler* difabrikasi menggunakan bahan serat optik plastik (POF) *step index multimode* tipe FD-620-10 dengan metode *Heating and Pressing*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana fabrikasi *directional coupler* dari serat optik plastik (POF) *step index multimode* tipe FD-620-10 dengan metode *Heating and Pressing*.
2. Bagaimana karakterisasi *directional coupler* dari serat optik plastik (POF) *step index multimode* tipe FD-620-10 yang telah difabrikasi menggunakan BF5R-D1-N sehingga diperoleh nilai *coupling ratio* (CR) dan *insertion loss* (Lins).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui fabrikasi *directional coupler* dari serat optik plastik (POF) *step index multimode* tipe FD-620-10 dengan metode *Heating and Pressing*. Serta, karakterisasi serat optic yang telah difabrikasi menggunakan BF5R-D1-N sehingga diperoleh nilai *coupling ratio* (CR) dan *insertion loss* (Lins).
2. Untuk mengetahui karakterisasi *directional coupler* dari serat optik plastik (POF) *step index multimode* tipe FD-620-10 yang telah difabrikasi menggunakan BF5R-D1-N sehingga diperoleh nilai *coupling ratio* (CR) dan *insertion loss* (Lins).

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Fabrikasi *directional coupler* dilakukan menggunakan serat optik plastik (POF) *step index multimode* tipe FD-620-10, dengan panjang 35 mm menggunakan metode *Heating and Pressing*.
2. Karakterisasi *directional coupler* menggunakan BF5R-D1-N buatan *autonics* yang merupakan sensor khusus untuk menganalisa daya keluaran yang di terima dari fiber optik. Sumber yang digunakan adalah *digital indicating type fiber optic sensor* (BF5R-D1-N) yang disambungkan pada *power supply*. Sensor ini memiliki lubang input berupa cahaya merah (660 nm) dan lubang output berupa fotodetektor dengan mengetahui intensitas keluaran pada ketiga port sehingga diperoleh nilai *coupling ratio* (CR) dan *insertion loss* (Lins).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah metode fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 4×4 dengan menggunakan *heating and pressing* menjadi metode yang lebih baik dari metode *fused biconical tapered* (FBT). Sehingga, dari hasil fabrikasi dan karakterisasi *directional coupler* konfigurasi 4×4 dengan susunan persegi dapat dimanfaatkan sebagai piranti pembagi berkas (*beam splitter*) atau pembagi daya (*power splitter*).

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas akhir ini terdiri dari abstrak yang berisi gambaran umum dari penelitian ini. Bab I pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bab II tinjauan pustaka berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian, Bab III metodologi penelitian, Bab IV hasil penelitian dan pembahasannya, dan Bab V kesimpulan dan saran.

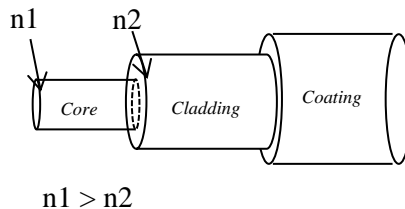
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Serat Optik

Serat optik merupakan media transmisi atau pandu gelombang cahaya berbentuk silinder yang dikembangkan diakhir tahun 1960-an sebagai jawaban atas perkembangan system komunikasi yang semakin lama membutuhkan *bandwidth* yang besar dengan laju transmisi yang tinggi (Suematzu dan Iga, 1982). Serat optik berbentuk silinder, biasanya terbuat dari bahan plastik atau *silica*. Secara umum, serat optik terdiri dari tiga bagian yaitu inti (*core*), kulit (*cladding*), dan jaket (*coating*). Bagian *core* merupakan jalur utama pemanduan gelombang cahaya yang mempunyai indeks bias terbesar n_1 . Sedangkan bagian *cladding* mempunyai indeks bias n_2 yang nilainya sedikit lebih rendah daripada n_1 . Serta bagian terluar dari serat optik (*coating*) berfungsi sebagai pelindung, struktur dasar penyusun serat optik diperlihatkan pada Gambar 2.1 (Keiser, 1984).



Gambar 2.1 Struktur dasar penyusun serat optik

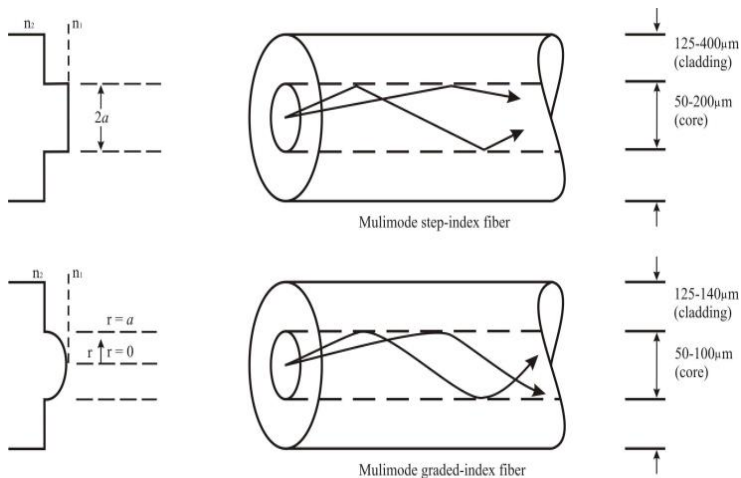
Berdasarkan struktur dan sifat transmisinya, serat optik dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu serat optik moda tunggal (*single mode fiber*) dan serat optik moda banyak (*multimode fiber*) (Keiser, 1984). Pada serat optik moda tunggal, ukuran inti kecil sehingga pada serat hanya dapat menjalar satu moda. Melainkan pada serat optik moda banyak, moda yang menjalar dalam serat lebih dari satu. Skala ukuran dari serat optik moda

tunggal adalah mikrometer, sedangkan untuk serat optik moda jamak adalah milimeter (Crisp dan Elliott, 2005).

Selain itu, berdasarkan penjalaran gelombang yang melalui inti, serat optik juga dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu serat optik *step index* dan serat optik *graded-index*. Apabila *core* (inti) terbuat dari bahan yang homogen sehingga indeks bias dari bahan tersebut serba sama (n_1) dan terjadi perubahan indeks bias secara tak tentu antara *core* dan *cladding* maka disebut serat optik *step-index*. Cahaya disebarkan melalui *core* dengan cara pemantulan total internal (Leno dan Frank, 1993). Perbedaan indeks bias antara *core* dan *cladding* dibuat besar, selisih indeks bias antara *core* dan *cladding* didefinisikan sebagai fraksi indeks bias.

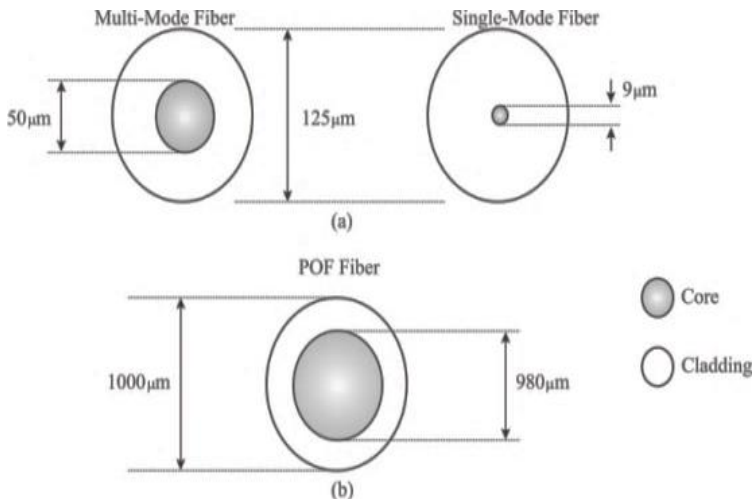
$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (2.1)$$

Perbandingan struktur serat optik *multimode step-index* dan *graded-index* serta distribusi index bias diperlihatkan pada Gambar 2.2



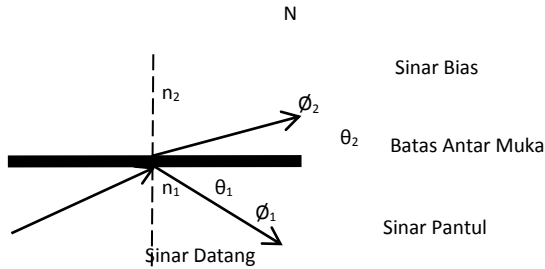
Gambar 2.2 Struktur serat optik *multimode step-index* dan *graded-index* serta profil indeks biasnya (Keiser, 1984)

Secara umum, serat optik terbuat dari bahan gelas (*silica*) atau plastik. Untuk serat optik dari bahan plastik atau POF (*Plastic Optical Fiber*) umumnya *multimode* dengan dimensi *core* dan *cladding* berbeda dari serat optik berbahan gelas. Perbedaan dimensi *core* dan *cladding* antara serat optik dari bahan gelas dan POF diperlihatkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Dimensi *core* dan *cladding* serat optik pada bahan (a) gelas *singlemode* dan *multimode* (b) POF *multimode*

Mekanisme pemanduan gelombang cahaya dalam serat optik berdasar pada prinsip pemantulan dalam total pada bidang batas *core* dan *cladding* sesuai pada hukum Snellius. Untuk memudahkan pemahaman mekanisme pemanduan gelombang cahaya dalam serat optik *step-index*, digunakan teori sinar untuk mendiskripsikan perambatan muka gelombang cahaya seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Refleksi dan refraksi berkas cahaya pada bidang batas dua medium

$$n_1 \sin \phi_1 = n_2 \sin \phi_2 \quad (2.2)$$

Persamaan (2.2) ekuivalen dengan persamaan berikut

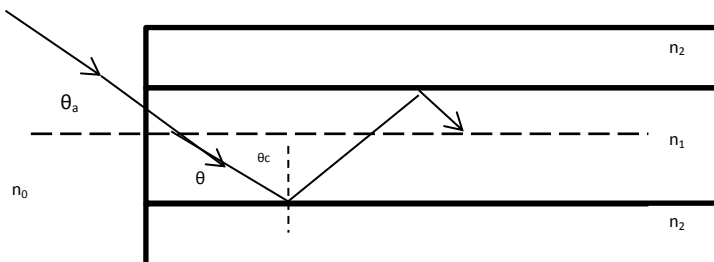
$$n_1 \cos \theta_1 = n_2 \cos \theta_2 \quad (2.3)$$

Bila $n_1 > n_2$, maka sudut bias selalu lebih besar dari pada sudut datang. Bila sudut bias 90° maka sudut datang harus lebih kecil daripada 90° . Hal ini adalah kasus batas pembiasan dan sudut datang disebut sudut kritis θ_c . Dengan demikian persamaan (2.2) menjadi

$$\theta_c = \arcsin \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \quad (2.4)$$

dengan n_1 dan n_2 menunjukkan indeks bias *core* dan indeks bias *cladding*. Bila sudut datang lebih besar daripada sudut kritis maka berkas cahaya dipantulkan kembali ke medium dielektrik asal, hal ini disebut dengan pantulan internal total.

Transmisi cahaya ke dalam serat optik terlihat pada Gambar 2.5 berikut:



Gambar 2.5 Transmisi cahaya ke dalam serat optik

dengan n_1 dan n_2 menunjukkan indeks bias *core* dan indeks bias *cladding*. Menggunakan hukum Snellius, maka diperoleh relasi berikut:

$$n_0 \sin \theta_a = n_1 \sin \theta \quad (2.5)$$

Dalam ungkapan sudut θ melalui hubungan $\theta = \pi/2 - \theta_c$, sehingga persamaan (2.5) menjadi:

$$n_0 \sin \theta_a = n_1 \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta_c\right) \quad (2.6)$$

$$n_0 \sin \theta_a = n_1 \cos \theta_c \quad (2.7)$$

dengan n_0 adalah indeks bias udara ($n = 1$), kemudian persamaan (2.4) disubsitusi ke dalam persamaan (2.7),

$$\begin{aligned} \sin \theta_a &= n_1 \sqrt{1 - \sin^2 \theta_c} \\ \sin \theta_a &= n_1 \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2} \\ \sin \theta_a &= n_1 \sqrt{\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2}} \\ \sin \theta_a &= \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \end{aligned} \quad (2.8)$$

Persamaan (2.11) menunjukkan hubungan antara sudut masukan sinar dengan indeks bias ketiga medium yang berinteraksi.

Hubungan tersebut dinyatakan sebagai tingkap numeris atau NA (*Numerical Aperture*), sehingga nilai NA serat optik dapat ditulis sebagai berikut:

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.9)$$

Cahaya pada serat optik terdistribusi ke segenap ruang, sehingga semakin besar sudut θ_a semakin banyak cahaya yang tertampung ke dalam serat optik. Dari persamaan (2.12), terlihat bahwa *Numerical Aperture* (NA) maupun θ_a tidak bergantung pada ukuran (dimensi) serat optik (Tricker, 2002).

Menurut persamaan (2.1) dimana perbedaan nilai n_1 dan n_2 sangat kecil, sehingga nilai Δ juga kecil. Sehingga bentuk persamaan (2.12) dapat ditulis:

$$NA = n_1 \sqrt{2\Delta} \quad (2.10)$$

Nilai Δ berkisar 1 % sampai 3 % untuk serat optik *multimode* dan 0,2 % sampai 1 % untuk serat optik *singlemode* (Keiser, 1984). Nilai NA untuk serat optik *step-index* berkisar antara 0,2 sampai 0,5 dan serat optik *graded-index* di sekitar 0,2 (Hoss, 1993). Untuk serat optik *step-index multimode* dari bahan plastik berdiameter *core* besar, nilai NA antara 0,3-0,5 (Krohn, 2000).

2.2 Pandu Gelombang *Directional Coupler*

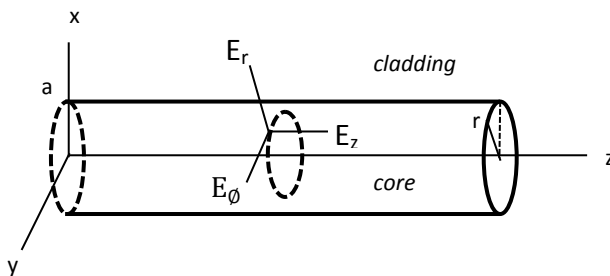
Dalam mode terpandu, masing-masing mode normal saling ortogonal dan saling bebas tanpa kopling serta mengangkut daya cahaya dengan tidak dipengaruhi oleh perambatan mode gelombang yang lain. Tetapi dalam sistem pandu gelombang yang terkopel, mode-mode normal satu sama lain tidak lagi merambat saling bebas, melainkan saling terkopel bersama (Rubiyanto dan Rohedi, 2003).

Karakteristik setiap moda gelombang optik yang dapat dipandu sepanjang serat optik dapat diketahui dari distribusi

medan listrik dan medan magnet gelombang optik tersebut sepanjang perambatannya. Komponen medan listrik dan medan magnet gelombang optik terpandu dapat diperoleh dari penyelesaian persamaan Helmholtz dengan menyatakan operator ∇^2 dalam koordinat silinder

$$\nabla^2 U + k^2 U = 0 \quad (2.11)$$

dengan $k = \frac{\omega}{c}$ yang merupakan konstanta perambatan. Dari hubungan $n = \frac{c}{c_0}$ dan $k_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0}$, maka $k = nk_0$ dengan indeks 0 menunjukkan medium vakum.



Gambar 2.6 Geometri serat optik dalam koordinat silinder (Saleh dan Teich, 2007)

Dari geometri serat optik berbentuk silinder seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.6, $n = n_1$ untuk $r < a$ (pada *core*) dan $n = n_2$ untuk $r > a$ (pada *cladding*). Dalam koordinat silinder, persamaan Helmholtz mempunyai bentuk :

$$\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 U}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} + n^2 k_0^2 U = 0 \quad (2.12)$$

dengan $U = U(r, \phi, z)$ adalah amplitudo kompleks medan E dan H serta r , ϕ , dan z menyatakan posisi dalam koordinat silinder. Dalam koordinat silinder, U pada persamaan (2.12) merepresentasikan E_z dan H_z yaitu medan listrik dan medan magnet ke arah z . Jika diasumsikan amplitudo kompleks merambat ke arah z dan dinyatakan dalam bentuk:

$$U = U(r, \phi, z) = U(r) e^{-j(l\phi + \beta z)} \quad (2.13)$$

dengan β , adalah konstanta perambatan dan $l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ menunjukkan periodisitas θ , dengan periode 2π , maka persamaan (2.15) akan berbentuk:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial r} + \left(n^2 k_0^2 - \beta^2 - \frac{l^2}{r^2} \right) U = 0 \quad (2.14)$$

Syarat gelombang terpandu adalah $n_2 k_0 < \beta < n_1 k_0$ untuk itu didefinisikan parameter sebagai berikut (Saleh and Teich, 2007):

$$k_\tau^2 = n_1^2 + k_0^2 - \beta^2 \quad (2.15)$$

Dan

$$\gamma^2 = \beta^2 - n_2^2 k_0^2 \quad (2.16)$$

Untuk gelombang terpandu k_τ^2 dan γ^2 bernilai positif dan k_τ dan γ bernilai real. k_τ menyatakan komponen transversal gelombang terpadu di dalam *core*, sedangkan γ , menyatakan komponen transversal gelombang di *cladding* atau gelombang *evanescent*. Dengan demikian persamaan (2.14) dapat dipisahkan antara di *core* dan di *cladding* seperti persamaan berikut (Saleh dan Teich, 1991) :

$$\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial r} + \left(k_\tau^2 - \frac{l^2}{r^2} \right) U = 0 \quad r < a \quad (2.17)$$

$$\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial r} + \left(\gamma^2 - \frac{l^2}{r^2} \right) U = 0 \quad r > a \quad (2.18)$$

Persamaan (2.17) dan persamaan (2.18) berbentuk persamaan Bessel dengan solusi berupa fungsi Bessel. Agar fungsi tidak bernilai ∞ , di $r = 0$ (*core*) dan di $r \rightarrow \infty$ (*cladding*), maka solusi terbatas adalah sebagai berikut:

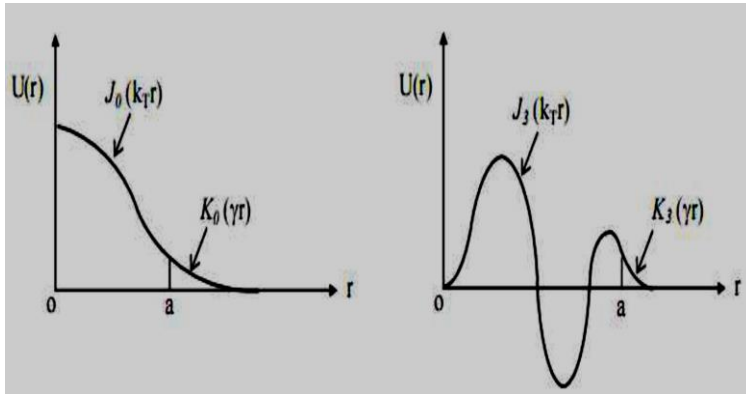
$$U(r) \propto \begin{cases} J_l(k_\tau r), & r < a \\ J_l(\gamma r), & r > a \end{cases} \quad (2.19)$$

Dimana $J_l(x)$ adalah fungsi Bessel jenis pertama dan orde l , dan $K_l(x)$ adalah fungsi Bessel termodifikasi jenis kedua dan orde l . Dalam batas $x \gg 1$, fungsi $J_l(x)$ berosilasi seperti fungsi sinus atau kosinus tetapi dengan amplitudo yang semakin berkurang dan $K_l(x)$ meluruh secara eksponensial dengan meningkatnya x (Saleh dan Teich, 1991)

$$J_l(x) \approx \left[\frac{2}{\pi x} \right]^{1/2} \cos \left[x - \left(l + \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{2} \right], \quad x \gg 1 \quad (2.20)$$

$$K_l(x) \approx \left(\frac{\partial}{2x} \right)^{1/2} \left[1 + \frac{4l^2 - 1}{8x} \right] e^{-x}, \quad x \gg 1 \quad (2.21)$$

Untuk nilai K_τ besar, distribusi medan di dalam *core* berosilasi secara cepat. Sedangkan γ besar, penurunan amplitudo medan terjadi secara cepat sehingga penetrasi medan (gelombang) di dalam *cladding* menjadi kecil (Keiser, 1984). Distribusi amplitudo medan di *core* dan *cladding* untuk $l = 0$ dan $l = 3$ diperoleh pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 Distribusi amplitudo medan di *core* dan *cladding* untuk orde 0 dan 1 (Saleh dan Teich, 2007)

Jika persamaan (2.5) dan (2.16) dijumlahkan, diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$K_r^2 + \gamma^2 = (n_1^2 - n_2^2)k_o^2 = (NA)^2 k_o^2 \quad (2.22)$$

Ruas paling kanan persamaan (2.22) bernilai konstan, sehingga jika nilai k_r membesar, maka nilai γ mengecil, pada keadaan ini penetrasi medan ke *cladding* menjadi besar (Saleh and Teich, 2007). Jika persamaan (2.22) dikalikan dengan a terdefinisi parameter V yang berkaitan dengan keadaan *cut off* (*cut off parameter*) atau frekuensi ternormalisasi dengan definisi sebagai berikut (Saleh dan Teich, 2007):

$$V = 2\pi \frac{a}{\lambda_0} NA \quad (2.23)$$

dengan a = jari-jari teras, λ = panjang gelombang.
Sedangkan jumlah moda terpandu dalam serat optik didefinisikan dengan :

$$M = \frac{4}{\pi^2} V^2 \quad (2.24)$$

Bila V serat optik $< 2,408$ maka *mode* (ragam) yang dapat dipandu hanya satu dan bila $V \geq 2,408$ maka *mode* yang dapat dipandu pada serat optik lebih dari satu (Keiser, 1984).

2.3 Directional Coupler Konfigurasi 4x4

Salah satu peralatan yang merupakan sistem moda terkopel adalah *Directional Coupler*. Divais optik tersebut tersusun atas dua pandu gelombang yang saling berdekatan dalam orde panjang gelombang optik. Divais ini dapat mendistribusikan daya optik ke dua port atau lebih, atau sebaliknya menggumpulkan daya optik ke port tunggal. *Directional coupler* dapat bersifat aktif maupun pasif. Secara sederhana divais coupler dapat dibuat dari serat optik *multimode* yaitu dengan cara memadukan atau menggabungkan dua buah serat optik *multimode* dengan panjang interaksi tertentu dengan teknik FBT (*Fused Biconical Taperred*) (Supadi dkk, 2006).

Pada tipe coupler yang lain, fabrikasi dibuat dengan komponen terintegrasi dengan mengimplan sebuah bahan dielektrik pandu gelombang misalnya titanium pada permukaan substrat misalnya lithium niobate (LiNbO_3) dan galium arsenie (GaAs). Litium niobate dan gallium arsenit merupakan bahan-bahan elektro-optik, sehingga menghasilkan tipe *coupler* aktif yang dapat diaplikasikan sebagai *elektro-optic modulator* dan *optical switching* (Jones Jr dan William B., 1988).

Untuk serat optik tanpa *losses* persamaan yang berlaku untuk menyatakan besarnya daya yang terkopel adalah :

$$P_2 = P_0 \sin^2(kz) \quad (2.25)$$

Untuk dua serat yang identik berlaku :

$$P_1 = P_0 - P_2 = P_0 [1 - \sin^2(kz)] = P_0 \cos^2(kz) \quad (2.26)$$

dengan: k = koefisien kopling antar dua serat optik.

Persamaan 2.26 menunjukkan bahwa fase perambatan daya pada serat pertama selalu lebih cepat 90° dibandingkan fase perambatan daya pada serat kedua. Jadi pada saat $z = 0$ seluruh daya merambat melalui serat pertama (P_1). Pengurangan keterlambatan fase terjadi secara kontinu untuk setiap kenaikan z , sampai pada jarak tertentu dimana $kz = \pi/2$. Pada jarak ini seluruh daya yang merambat pada serat optik pertama akan dipindahkan ke serat optik kedua (Sekartedjo dkk, 2007). Persamaan diatas juga menyatakan bahwa kopling dan transfer energi adalah linier dan berlaku prinsip superposisi gelombang (Jones Jr dan William B, 1988).

Proses pemindahan daya optik di dalam *directional coupler* linier dapat dijelaskan dengan teori moda terkopel dengan didasarkan pada interaksi medan-medan *evanescent* dari masing-masing pandu gelombang. Sedangkan panjang koplingnya ditentukan dari kuat kopling, yaitu kuantitas saling tumpang tindih (*overlapping*) antara medan di pandu gelombang satu dengan medan *evanescent* dari pandu gelombang kedua. Secara kualitatif penjelasan teori moda terkopel ini telah sesuai dengan fakta eksperimen, namun secara kuantitatif, untuk *directional coupler* yang lebar gapnya relative kecil, panjang kopling dan porsi daya yang dipindahkan masih jauh dari akurat (Rubiyanto dan Rohedi, 2003).

Metode pendekatan yang secara kuantitatif relatif lebih akurat dalam menjelaskan proses pemindahan daya optik dalam *directional coupler* linier adalah pendekatan moda normal. Menurut pendekatan ini, proses pemindahan daya optik terlaksana sebagai konsekuensi dari interferensi antara dua moda medan optik orde terendah yang disebut moda simetri, yang terpandu disepanjang transversalnya. Sedangkan panjang koplingnya ditentukan melalui $L_c = (\beta_s - \beta_a)$, dengan β_s dan β_a masing-masing adalah nilai tetapan propagansi efektif moda simetri dan asimetri. Adapun ekspresi medan kedua moda yang diperlukan dalam tetapan propagasi efektif adalah medan-medan yang berlaku

untuk seluruh struktur *directional coupler*, bukan ekspresi medan dari masing-masing pandu gelombangnya seperti dalam teori moda terkopel (Rubiyanto dkk, 2006).

Parameter-parameter pokok dalam piranti *directional coupler* antara lain:

1. *Splitting ratio* atau *coupling ratio* (CR), yaitu proporsi daya masukan pada masing-masing keluaran. Jika daya masukan diberikan pada *port* B1, nilai CR diperoleh dari saluran keluaran, yaitu *port* A2, B2, dan C2, dan D2 dengan menggunakan persamaan:

$$CR = \frac{P_{A2}}{(P_{A2} + P_{B2} + P_{C2})} \quad (2.27)$$

2. *Insertion loss* (L_{ins}) atau *port-to-port loss*, yaitu rugi sisipan yang terjadi karena daya dari saluran masukan *coupler* serat optik terdistribusi di antara saluran keluaran. *Insertion loss* diukur sebagai perbandingan daya keluaran tunggal terhadap daya masukannya.

$$L_{ins} = 10 \log \left(\frac{P_{port\ keluaran}}{P_{port\ masukan}} \right) dB \quad (2.28)$$

Sebagai contoh, *insertion loss* pada *port* A2 adalah:

$$L_{ins} = 10 \log \left(\frac{P_{A2}}{P_{A1}} \right) dB$$

Selanjutnya rumus ini menunjukkan *insertion loss* pada *port* A2 atau *port-to-port loss* antara *port* A1 ke *port* A2.

3. *Excess loss* (L_e) adalah rugi daya total. Jika 10 mW masuk ke dalam perangkat dan hanya 9 mW yang keluar, maka yang 1 mW dinyatakan sebagai rugi daya. Energi cahaya terhambur dan diserap di dalam *coupler* dan tidak didapatkan di saluran keluaran. Pada kasus *coupler* 3×3, daya keluaran merupakan penjumlahan dari *port* A2, B2, dan C2,

sedangkan daya masukan pada *port* A1. Sehingga *excess loss* dinyatakan sebagai:

$$L_e = 10 \log \left(\frac{\sum P_j}{P_i} \right) dB = 10 \log \left(\frac{P_{A2} + P_{B2} + P_{C2}}{P_{A1}} \right) dB \quad (2.29)$$

Dengan P_j adalah daya keluaran dan P_i adalah daya masukan.

4. Direktivitas (*directivity*) atau *crosstalk*. Ketika daya masukan diberikan pada *port* A1 maka daya keluaran akan terdeteksi pada *port* A2, B2, dan C2, bukan pada *port* B1 dan C1 yang merupakan *port* masukan lainnya. Oleh karena hamburan balik di dalam *coupler*, beberapa energi dipantulkan balik dan terdeteksi di *port* B1 dan C1. Hamburan balik ini sangat sedikit dan disebut direktivitas (*directivity*) atau *crosstalk*. Direktivitas dari *coupler* diukur antar *port-port* masukan *directional coupler* (Crisp, 2001).

$$D = C_t = 10 \log \frac{P_{B1}}{P_{A1}} dB = 10 \log \frac{P_{C1}}{P_{A1}} dB \quad (2.30)$$

BAB III

METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini antara lain:

1. BF5R-D1-N
2. *DIN rail*
3. Selotip
4. Pemotong serat optik
5. Gunting
6. *Cutter*
7. *Power supply* 30 V
8. Kabel jepit buaya
9. Penggaris

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini antara lain:

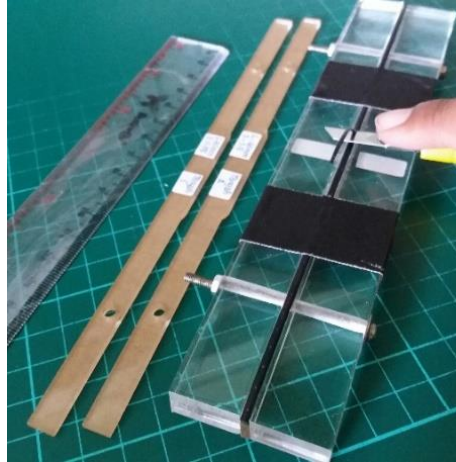
1. Serat optik plastik *step index multimode* tipe FD-620-10
2. Aceton
3. Benang jahit

3.2 Tahap Fabrikasi *Directional Coupler*

3.2.1 Pemotongan dan Pengupasan Serat Optik

Serat optik dipotong menggunakan alat pemotong sepanjang 20 cm sebanyak tiga buah. Untuk memudahkan identifikasi, ketiga serat optik tersebut diberi label A, B, dan C.

Pengupasan *coating* dan *cladding* dilakukan dengan bantuan alat pengupas, serat optik yang akan dikupas ditempatkan di tengah-tengah bagian alat tersebut pada keadaan lurus dan sejajar dan ditempelkan selotip pada kedua ujung agar tidak geser. Selanjutnya serat optik dikupas dengan panjang kupasan 35 mm menggunakan *cutter* yang tajam



Gambar 3.1 Proses Pengupasan *Coating*

Secara umum, pengupasan dilakukan dengan mengupas bagian *coating* dan *cladding* yang menyisakan bagian *core*. Sehingga, pada waktu dilakukan penggandengan bagian yang dikupas dapat berinteraksi satu sama lain. Serat optik dikupas seluruhnya atau semua sisi hingga menyisakan bagian *core* saja dengan panjang kupasan sesuai variasi panjang *coupling*. Daerah panjang *coupling* yang dikupas awalnya dikupas hingga pada bagian *cladding*. Setelah itu tahapan pengupasan untuk menyisakan hanya *core* saja akan dilakukan dengan tahapan pemolesan dengan tujuan untuk meminimalkan kerusakan struktur pada daerah *core*.

3.2.2 Tahap Pemolesan

Pada tahap ini, serat optik diletakkan pada sebuah cawan yang berisi acetone. Bagian serat optik yang terendam acetone haruslah bagian yang sudah dipotong dan dikupas. Proses perendaman dilakukan kurang lebih selama 15 menit, hingga bagian *cladding* terkelupas. Hal ini dilakukan agar seluruh serat optik yang dipoles mempunyai permukaan yang rata dan

ketebalan yang sama. Hasil dari kupasan dan pemolesan tidak dapat dilihat dengan jelas oleh mata manusia, sehingga perlu dilakukan pengamatan khusus dengan menggunakan perbesaran tertentu sehingga diperoleh hasil yang lebih jelas mengenai permukaan kupasan dan pemolesan yang telah dilakukan.



Gambar 3.2 Proses Pemolesan

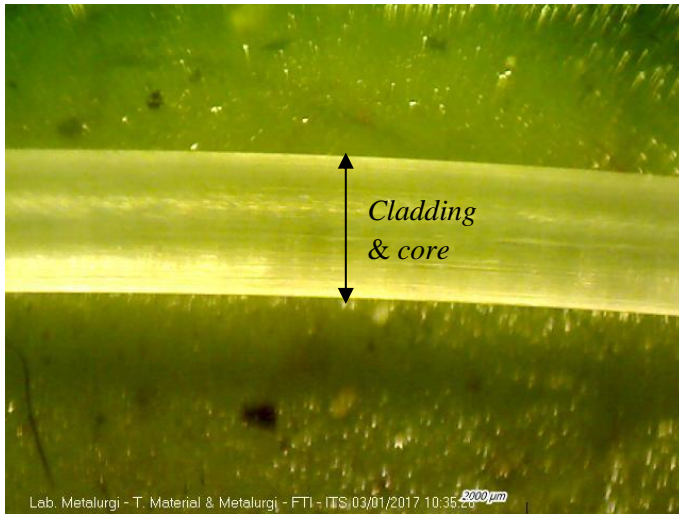
3.2.3 Tahap Uji Kerataan

Pada tahap ini, serat optik yang telah dikupas dan dipoles diuji kerataannya untuk mengetahui hasil dari pengupasan dan pemolesan yang telah dilakukan. Uji kerataan dilakukan dengan cara melihat bagian kupasan serat optik pada setiap *port* dan semua variasi panjang kupasan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Stereo Microscope #3 – Carl Zeiss Stemi DV4* di Laboratorium Metal Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS.



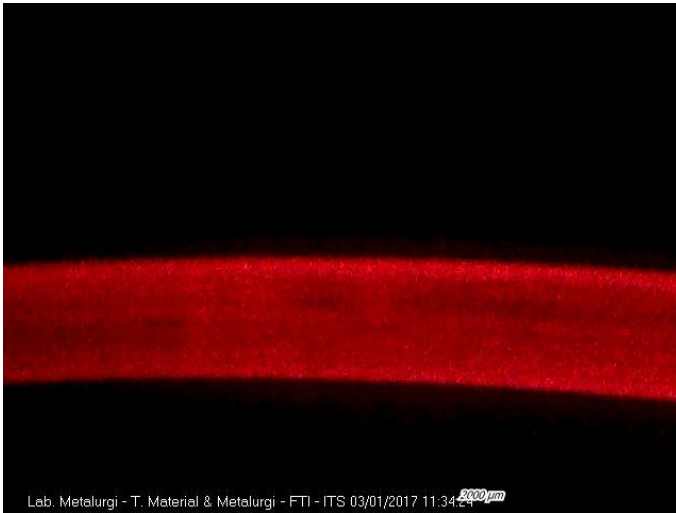
Gambar 3.3 Proses Uji Kerataan

Gambar 3.3 menunjukkan proses uji kerataan dimana serat optik diamati dengan menggunakan *Stereo Microscope* yang telah disambungkan dengan komputer untuk menampilkan hasil dari bagian kupasan serat optik. Berikut adalah contoh dari hasil pengamatan oleh *Stereo Microscope*



Gambar 3.4 Hasil pengamatan pada *Stereo Microscope*

Gambar 3.4 memperlihatkan hasil pengamatan oleh *Stereo Microscope* yang tidak diberikan sinar laser pada serat optik, belum dapat diketahui dengan jelas kerataan dari kupasan yang telah dilakukan. Gambar diambil pada bagian penampang serat optik yang telah dikupas. Struktur serat optik yang dapat dilihat yaitu bagian *cladding* dan *core*. Pengambilan gambar dilakukan dengan menggunakan perbesaran 2000 μm . Perbesaran diberikan untuk memperjelas bagian-bagian dari serat optik yang diamati.

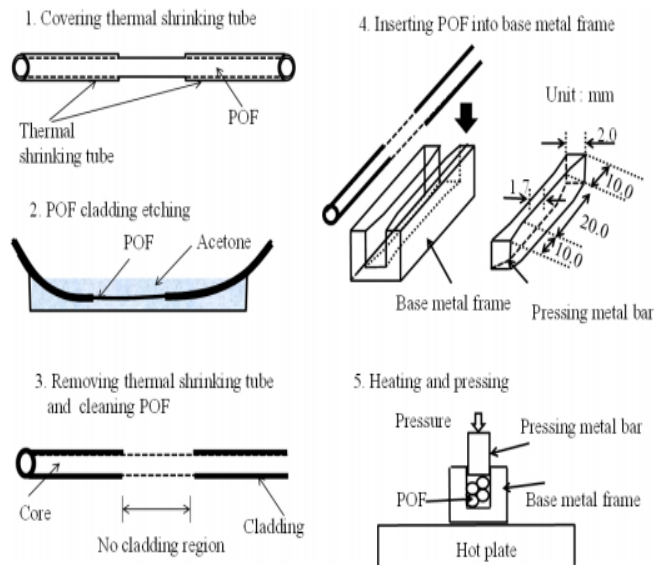


Gambar 3.5 Hasil pengamatan pada *Stereo Microscope* dengan disinari laser

Agar dapat diketahui bagian yang belum terkupas secara sempurna, maka dilakukan penyinaran pada serat optik dengan menggunakan laser. Pada Gambar 3.5, bagian yang masih terlihat gelap menandakan bahwa sinar laser belum terhambur keluar. Selanjutnya serat optic akan dilakukan tahap penggandengan.

3.2.4 Tahap Penggandengan

Tahap ini merupakan tahapan terakhir pembuatan *directional coupler*. Penggandengan dilakukan dengan cara menggandeng keempat serat optik pada bagian yang telah dipoles dengan metode *heating and pressing*.



Gambar 3.6 Proses Fabrikasi *Directional Coupler* dengan metode *heating and pressing* (Kwang Taek Kim)

Mula-mula, cetakan *pressing* dipanaskan menggunakan *hot plate* sampai mencapai suhu 120°C dan kestabilan suhu tersebut harus dijaga. Cetakan *pressing* yang terbuat dari emas putih. Alat *pressing* tersebut terdiri dari cetakan *pressing* dan batang penekan. Panjang cetakan *pressing* sebesar 35mm dan mempunyai lebar sebesar 17mm.



Gambar 3.7 Cetakan *pressing* dan logam penekan

Selanjutnya, serat optik yang sudah melalui tahap pemolesan dan telah dilakukan uji kerataan ditumpuk menjadi dua buah serat optik dibagian atas dan dua buah serat optik lainnya di bagian bawah ke dalam cetakan *pressing* yang sudah dipanaskan terlebih dahulu. Kemudian yang sudah terdiri dari tumpukan serat optik sembari ditekan dengan batang penekan hingga serat optik tergendeng.



Gambar 3.8 Hasil Fabrikasi *Directional Coupler*

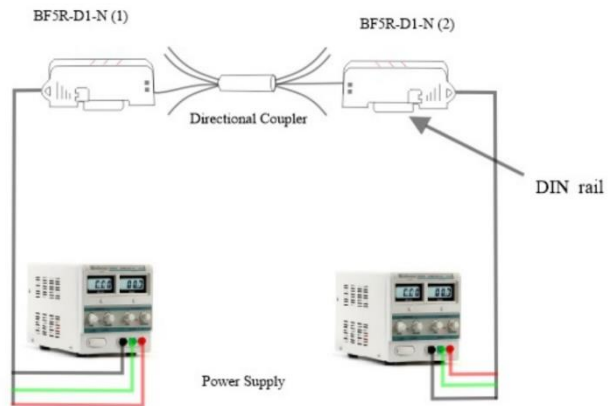
3.3 Tahap Karakterisasi *Directional Coupler*

Karakterisasi *directional coupler* hasil fabrikasi menggunakan BF5R-D1-N. Karakterisasi ini bertujuan untuk memperoleh nilai *coupling ratio* (CR), dan *excess loss* (Le). Skema alat BF5R-D1-N diperlihatkan pada Gambar 3.10. Sensor ini merupakan sensor khusus untuk menganalisis daya keluaran yang diterima oleh serat optik. Pada karakterisasi ini digunakan dua buah BF5R-D1-N, yang pertama sebagai sumber cahaya dan yang kedua sebagai fotodetektor. Spesifikasi BF5R-D1-N diperlihatkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi BF5R-D1-N

| | |
|---------------|-------------------------------|
| Tipe | BF5R-D1-N |
| Source | LED Merah (660 nm) |
| Power Supply | 12-24 Volt DC \pm 10% |
| Arus maksimum | 50 mA |
| Waktu respon | 500 μ s (standart) |
| Output | P_{in} (level light) 0-4000 |

Set up alat untuk karakterisasi menggunakan BF5R-D1-N ditunjukkan pada Gambar 3.10. Kedua BF5R-D1-N diletakkan di atas *DIN rail* agar dapat berdiri tegak dan sejajar. Sumber tegangan DC dari *power supply* yang digunakan pada kedua BF5R-D1-N adalah sebesar 14,1 Volt, nilai ini berada di rentang tegangan kerja BF5R-D1-N yaitu 12-24 Volt DC. Untuk mengetahui karakteristik dari *directional coupler* yang telah difabrikasi, dilakukan pengukuran menggunakan BF5R-D1-N pada masing-masing *port* keluaran sebanyak 20 kali pengulangan. Untuk setiap panjang kupasan, BF5R-D1-N yang digunakan sebagai sumber cahaya dipasang pada *port* masukan A1, B1, dan C1 secara bergantian. Sementara BF5R-D1-N yang digunakan sebagai detektor dipasang pada *port* keluaran A2, B2, dan C2 untuk mendeteksi cahaya yang diteruskan serta pada *port* A1, B1, dan C1 untuk mendeteksi cahaya yang balik. Pada proses karakterisasi ini akan diperoleh data berupa besar intensitas sinar yang masuk pada serat optik dan besar intensitas sinar pada masing-masing *port* keluaran.



Gambar 3.9 Gambaran proses karakterisasi dengan BF5R

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas hasil dari fabrikasi dan karakterisasi *directional coupler* serat optik plastik *step index multimode* tipe FD-620-10 dengan metode *heating and pressing*.

4.1 Fabrikasi *Directional Coupler*

4.1.1 Metode *Heating and Pressing*

Fabrikasi *directional coupler singlemode* maupun *multimode* berbentuk pandu gelombang slab masih sangat sulit dilakukan dan membutuhkan peralatan yang rumit. Untuk mengatasi kendala tersebut telah dilakukan fabrikasi *directional coupler* dengan metode *Fused Biconical Tapered* (FBT), yaitu dengan menggabungkan sejumlah serat optik pada panjang kopling tertentu sehingga menjadi *directional coupler* dengan *N-port* (Sekartedjo dkk, 2007). Metode yang digunakanpun cukup sederhana, dengan cara mengupas dua buah serat optik dengan panjang tertentu menggunakan alat pengupas *coating* dan *cladding* yang telah dibuat. Dua buah serat optik yang telah dikupas kemudian digabungkan (*fused*). Salah satu cara untuk menggabungkan serat optik tersebut dengan melilitkan benang pada daerah yang telah dikupas. Akan tetapi, pada metode *Fused Biconical Tapered* (FBT) dengan cara melilitkan benang pada daerah yang telah dikupas masih ditemui beberapa kendala yaitu, adanya daya yang bocor melalui celah-celah benang pada saat penggandengan serat optik, sehingga daya yang dihasilkan tidak terbagi secara merata. Oleh karena itu, pada penelitian ini fabrikasi *directional coupler* dilakukan dengan menggunakan metode *heating and pressing*.

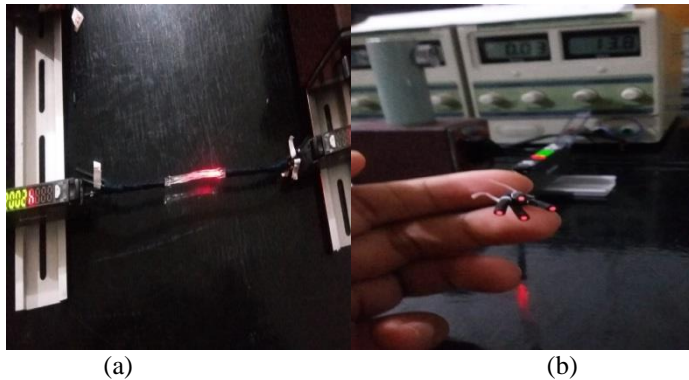
Metode *heating and pressing*, merupakan metode baru dalam fabrikasi *directional coupler multimode* berbentuk pandu gelombang slab yang dilakukan oleh peneliti asal Korea Selatan (Kwang Taek Kim,). Di Indonesia sendiri, fabrikasi *directional*

coupler terutama konfigurasi 4x4 masih jarang dilakukan oleh para peneliti dan metode *heating and pressing* yang dilakukan pada penelitian ini merupakan metode baru dalam fabrikasi *directional coupler*. Sebelum melakukan fabrikasi, dilakukan pembuatan cetakan *pressing* yang terbuat dari emas putih. Alat *pressing* tersebut terdiri dari cetakan *pressing* dan batang penekan. Panjang alat *pressing* sebesar 35mm dan mempunyai lebar sebesar 17mm. Setealah itu baru dilakukan proses fabrikasi *directional coupler*.

Mula-mula, cetakan *pressing* dipanaskan menggunakan *hot plate* sampai mencapai suhu 120°C dan kestabilan suhu tersebut harus dijaga. Selanjutnya, serat optik yang sudah melalui tahap pemolesan dan telah dilakukan uji kerataan ditumpuk menjadi dua buah serat optik dibagian atas dan dua buah serat optik lainnya di bagian bawah ke dalam cetakan *pressing* yang sudah dipanaskan terlebih dahulu. Kemudian yang sudah terdiri dari tumpukan serat optik sembari ditekan dengan batang penekan hingga serat optik tergandeng.

4.1.2 Hasil Fabrikasi Metode *Heating and Pressing*

Proses fabrikasi dengan metode *heating and pressing* cukup panjang hingga diperoleh *directional coupler* dengan nilai *output channel* yang merupakan nilai dari intensitas cahaya *directional coupler* lebih dari 100. Karena waktu yang diperlukan untuk memanaskan cetakan *pressing* pada *hotplate* kurang lama dan proses pemanasan pada saat penggandengan serat optik kurang panas, sehingga serat optik tidak tergandeng sempurna. Hal ini dapat diketahui dari nyala *directional coupler* yang redup dan tidak terbagi secara merata pada tiap port saat disinari dengan cahaya laser dioda dengan panjang gelombang 620 nm dan nilai output chanel tiap port yang keluar dari sensor BF5R pada saat *directional coupler* dikarakterisasi nilai *output channel* yang merupakan nilai dari intensitas cahaya *directional coupler* kurang dari 100, seperti yang terlihat pada gambar 4.1



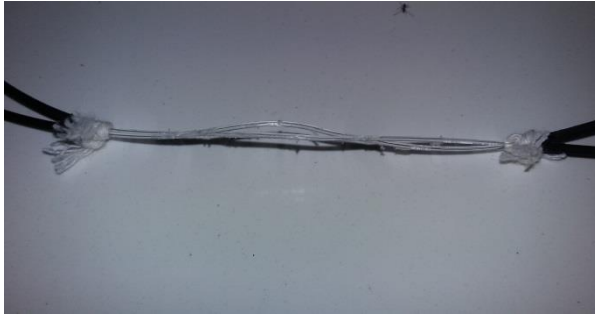
Gambar 4.1 (a) Nilai *output channel* yang kecil (b) Nyala tiap port yang redup pada saat disinari laser dioda

Metode *heating and pressing* sangat dipengaruhi oleh suhu dan lama pemanasan cetakan *pressing*. Sebelum dilakukan *pressing* cetakan *pressing* terlebih dahulu dipanaskan dengan menggunakan *hotplate*. Pada waktu dilakukan pemanasan cetakan *pressing* pada suhu 120°C dan lama pemanasan kurang lebih 15 menit. Setelah itu serat optik dimasukkan ke dalam cetakan *pressing*, kemudian ditekan dengan menggunakan logam penekan selama 5 menit. Hasilnya, fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 2x2 tidak berhasil dilakukan, dua buah serat optik tidak terganng, yang ditunjukkan pada gambar 4.2

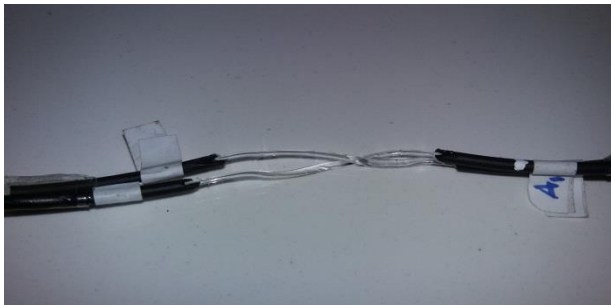


Gambar 4.2 Fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 2x2 pada suhu 120°C dan lama pemanasan 15 menit

Selanjutnya, dengan suhu dan lama pemanasan cetakan *pressing* yang sama yaitu pada suhu pada suhu 120°C dan lama pemanasan kurang lebih 15 menit. Dilakukan fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 2x2, akan tetapi dua buah serat optik dikepang, diharapkan bisa tergendeng pada saat dilakukan proses penggandengan. Akan tetapi, fabrikasi yang dilakukan juga tidak berhasil. Dua buah serat optik tidak tergendeng, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3 dan 4.4



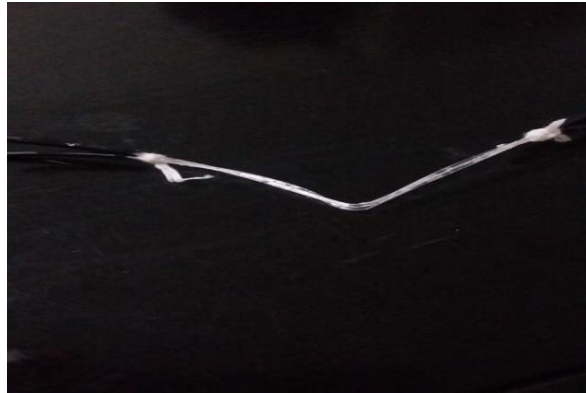
Gambar 4.3 Fabrikasi ke-1 *directional coupler* konfigurasi 2x2 pada suhu 120°C dan lama pemanasan 15 menit dengan serat optik dikepang



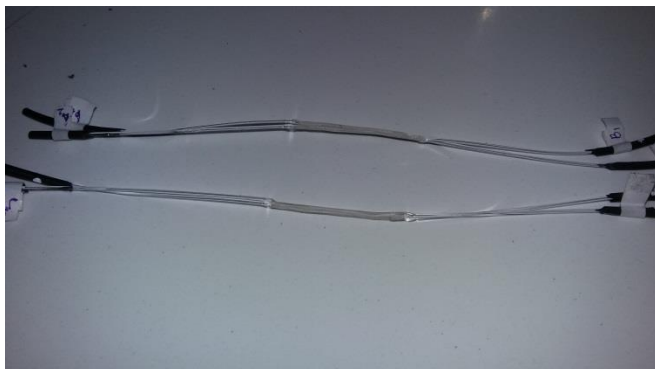
Gambar 4.4 Fabrikasi ke-2 *directional coupler* konfigurasi 2x2 pada suhu 120°C dan lama pemanasan 15 menit dengan serat optik dikepang

Apabila dilakukan pemanasan cetakan *pressing* pada suhu 150°C dan lama pemanasan kurang lebih 15 menit. Kemudian serat optik

dimasukkan ke dalam cetakan *pressing* dan ditekan dengan menggunakan logam penekan selama 5 menit. Maka hasilnya, serat optik dapat tergandeng, akan tetapi serat optik tersebut melengkung dan menyusut, seperti pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 2x2 pada suhu 150°C dan lama pemanasan 15 menit dengan serat optik dikepang



Gambar 4.6 Fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 4x4 pada suhu 130°C dan lama pemanasan 15 menit

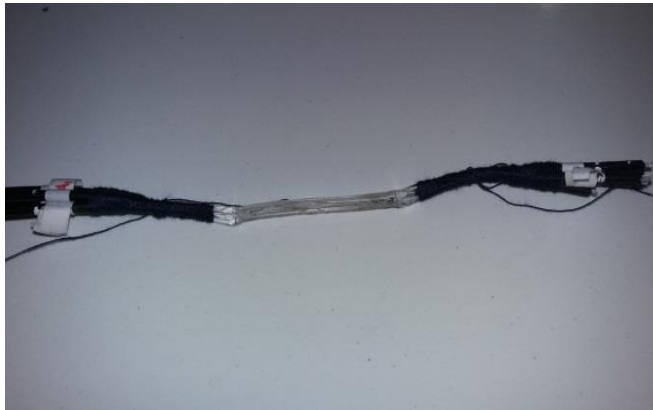
Pada gambar 4.6 dilakukan fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 4x4 pada suhu 130°C dengan lama pemanasan cetakan *pressing* selama 15 menit. Hasil fabrikasi tersebut menghasilkan

deirectional coupler yang semula konfigurasi 4x4 menjadi *directional coupler* 2x2 dan nyala tiap *port* saat disinari dengan laser dioda sangat redup bahkan ada salah satu *port* yang tidak menyala sama sekali yang ditunjukkan pada gambar 4.7.

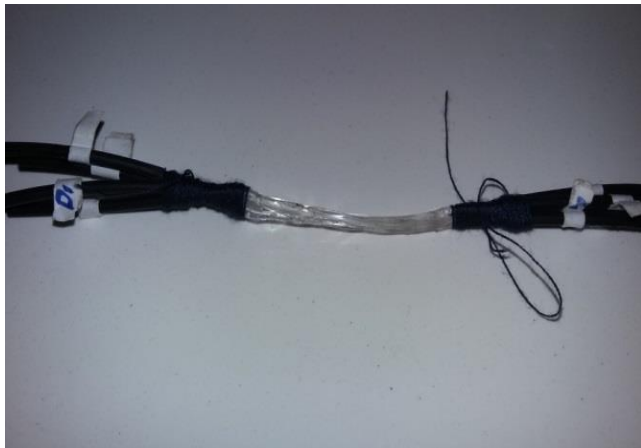


Gambar 4.7 Nyala tiap *port* redup saat disinari laser dioda

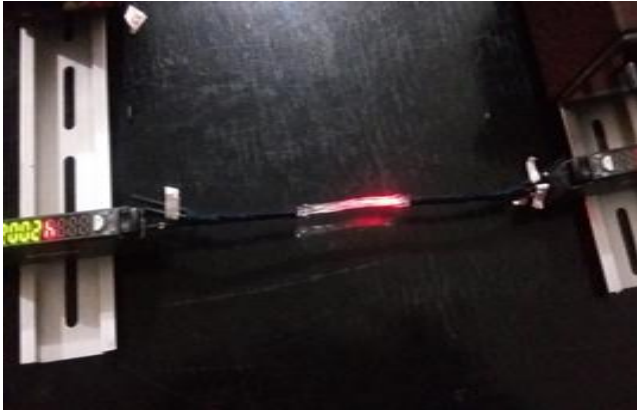
Selanjutnya dilakukan fabrikasi lagi pada suhu 120°C dengan lama pemanasan cetakan *pressing* selama 15 menit. Hasil dari fabrikasi tersebut menghasilkan *directional coupler* yang sudah tergandeng akan tetapi nyala pada tiap *port* masih redup. Hal tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 4.8. Dengan menggunakan suhu dan lama pemanasan cetakan *pressing* yang sama tapi menggunakan serat optik dari percobaan sebelumnya yang tidak berhasilkan, dilakukan fabrikasi lagi. sehingga menghasilkan *directional coupler* yang sudah tergandeng namun nyala pada tiap *port* juga masih redup saat disinari dengan laser dioda. Pada waktu dilakukan karakterisasi nilai intensitas cahaya yang ditunjukkan BF5R-D1-N sangat kecil seperti pada gambar 4.9 dan 4.10.



Gambar 4.8 Fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 4x4 pada suhu 120⁰c dan lama pemanasan 25 menit



Gambar 4.9 Fabrikasi *directional coupler* dengan serat optik yang tidak berhasil difabrikasi



Gambar 4.10 Hasil karakterisasi dengan nilai intensitas yang kecil

Fabrikasi *directional coupler* terus dilakukan hingga diperoleh fabrikasi yang diinginkan, yaitu *directional coupler* dapat terganggu dan nilai intensitas pada tiap *port* diharapkan tinggi. Oleh karena itu dilakukan fabrikasi pada suhu 120°C dengan lama pemanasan cetakan *pressing* 60 menit dan kestabilan suhu pada cetakan *pressing* dijaga. Hasilnya, serat optik terganggu, akan tetapi intensitas cahayanya kecil walaupun sudah dapat membagi daya saat disinari laser dioda, yang ditunjukkan pada gambar 4.7. Karena *directional coupler* yang sudah terganggu sebagian terkikis seperti pada gambar 4.11. Selain itu hasil fabrikasi yang lain dengan perlakuan yang sama menghasilkan *directional coupler* yang meleleh dan putus menjadi dua bagian yang terlihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.11 *Directional coupler* tergangeng dan terkikis



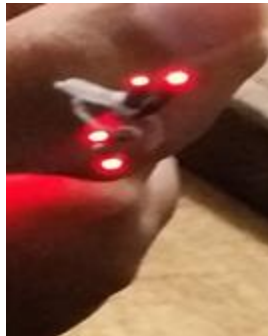
Gambar 4.12 *Directional coupler* meleleh dan putus

Dari sekian banyak fabrikasi yang telah dilakukan, didapatkanlah fabrikasi *directional coupler* sesuai dengan yang diharapkan pada penelitian ini. Fabrikasi dilakukan pada suhu 120°C dengan lama pemanasan cetakan *pressing* selama 30 menit dan kestabilan suhu dijaga. Hasilnya, serat optik tergangeng yang ditunjukkan pada gambar 4.13. Nyala tiap *port* saat disinari laser dioda sangat terang seperti pada gambar 4.14. Serta nilai intensitas cahaya pada tip-tiap port tinggi yang

diukur dengan menggunakan sensor BF5R. Oleh karena itu, dapat dilakukan karakterisasi *directional coupler*.



Gambar 4.13 Fabrikasi *directional coupler* yang berhasil dilakukan

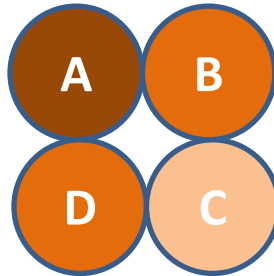


Gambar 4.14 Nyala tiap *port* terang saat disinari laser dioda

4.2 Karakterisasi *Directional Coupler* menggunakan sensor BF5R-D1-N

Pada proses karakterisasi menggunakan BF5R-D1-N ini, digunakan BF5R-D1-N (1) sebagai *input* dan BF5R-D1-N (2) sebagai *output*. Sinyal input dari BF5R-D1-N diberikan pada port A1, B1, C1, dan D1 secara bergantian, sementara sinyal *output*

pada port A2, B2, C2, dan D2 dikarakterisasi oleh BF5R-D1-N (2). Selama proses karakterisasi *display* sensor BF5R-D1-N (2) menampilkan nilai intensitas cahaya yang diterima pada *output* tiap port, data nilai intensitas cahaya tersebut disajikan pada lampiran A dengan pengambilan data sebanyak 20 kali.



Gambar 4.15 Susunan *port* pada *directional coupler*

4.2.1 Hasil Karakterisasi *Directional Coupler*

Directional Coupler susunan persegi, serat optik disusun dua di atas dan dua di bawah. Serat optik dikupas seluruhnya sampai tersisa *core* saja sesuai variasi panjang *coupling*. Pengambilan data dilakukan sebanyak 20 kali. Data hasil karakterisasi *directional coupler* susunan persegi disajikan sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Karakterisasi *directional coupler* dengan panjang kupasan 35 mm

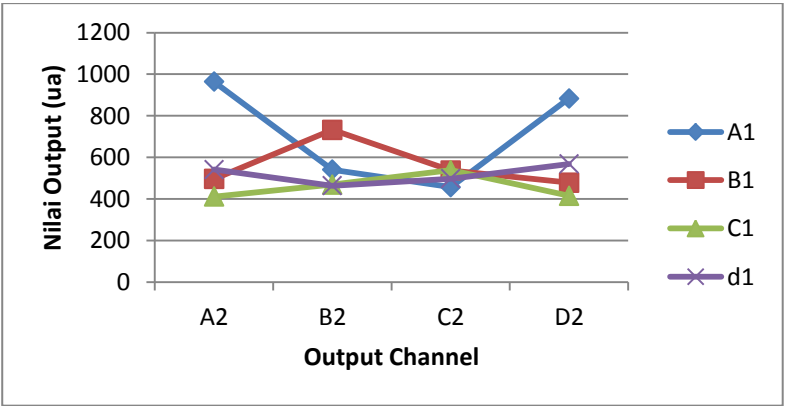
| Input Channel | Output (au) | | | | Balikan (au) | | | |
|---------------|-------------|--------|-------|--------|--------------|-------|-------|------|
| | A2 | B2 | C2 | D2 | A1 | B1 | C1 | D1 |
| A1 | 964.1 | 540.75 | 457 | 883.45 | | 55.55 | 51.35 | 10.5 |
| B1 | 496.15 | 732.6 | 537.1 | 478.15 | 57.75 | | 52.5 | 25 |
| C1 | 411.4 | 469 | 538.4 | 415.1 | 11.55 | 11 | | 31 |
| D1 | 541.3 | 463.85 | 497.3 | 568.2 | 61.4 | 29 | 27 | |

Nilai prosentase output pada directional coupler pada tiap-tiap port dengan panjang kupasan 35 mm ditunjukkan pada tabel 4.2 sebagai berikut

Tabel 4.2 Hasil Karakterisasi *directional coupler* dengan panjang kupasan 35 mm

| Input Channel | Output (%) | | | | Balikan (%) | | | | Loss (%) |
|---------------|------------|------|-----|------|-------------|-----|-----|-----|----------|
| | A2 | B2 | C2 | D2 | A1 | B1 | C1 | D1 | |
| A1 | 13.5 | 7.6 | 6.4 | 12.3 | | 0.7 | 0.7 | 0.1 | 58.6 |
| B1 | 6.9 | 10.2 | 7.5 | 6.7 | 0.8 | | 0.7 | 0.4 | 66.7 |
| C1 | 5.7 | 6.5 | 7.5 | 5.8 | 0.2 | 0.2 | | 0.4 | 73.6 |
| D1 | 7.6 | 6.5 | 6.9 | 7.9 | 0.8 | 0.4 | 0.4 | | 69.4 |

Berdasarkan data tabel 4.1 dan 4.2 di atas, dapat disajikan dalam bentuk grafik hubungan intensitas cahaya pada *output* di setiap Port *input* dengan panjang kupasan 35 mm yang dapat dilihat pada gambar 4.16



Gambar 4.16 Grafik nilai intensitas cahaya pada tiap *output port*

Berdasarkan persamaan (2.27), (2.28) dan (2.29) dapat diketahui nilai parameter *directional coupler* yaitu *coupling ratio* (CR), *excess loss* (Le), *insertion loss* (Lins). Dengan demikian dilakukan perhitungan yang hasilnya ditampilkan pada tabel 4.3 sebagai berikut

Tabel 4.3 Karakterisasi *directional coupler* dengan panjang kupasan 35 mm

| Input Channel | CR | Lins | Le |
|---------------|------|--------|-------|
| A1 | 0.34 | -8.7 | -4 |
| | 0.19 | -11.21 | |
| | 0.16 | -11.94 | |
| | 0.31 | -9.08 | |
| B1 | 0.22 | -11.58 | -5.03 |
| | 0.33 | -9.89 | |
| | 0.24 | -11.24 | |
| | 0.21 | -11.75 | |
| C1 | 0.22 | -12.4 | -5.91 |
| | 0.26 | -11.83 | |
| | 0.29 | -11.23 | |
| | 0.23 | -12.36 | |
| D1 | 0.26 | -11.21 | -5.38 |
| | 0.22 | -11.88 | |
| | 0.24 | -11.57 | |
| | 0.27 | -11 | |

4.3 Pembahasan

Pada penelitian ini fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 4x4 dilakukan penggandengan dengan susunan persegi seperti pada gambar 4.15. Penyusunan dilakukan dengan menyusun dua serat optik pada bagian atas dan dua serat optik di bagian bawah

kemudian digandengan membentuk susunan persegi. Dua serat optik pada bagian atas merupakan serat optik A dan serat optik B sedangkan dua bagian bawah merupakan serat optik C dan serat optik D, kemudian digandeng. Penggandengan dilakukan dengan metode *heating and pressing*. Metode tersebut merupakan salah satu metode baru yang diharapkan menjadi metode yang lebih baik dari metode sebelumnya yaitu, *fused biconical tapered* (FBT). Dengan metode tersebut dapat dimanfaatkan sebagai piranti pemecah berkas atau pembagi daya.

Pada fabrikasi *directional coupler* serat optik plastic mode jamak konfigurasi 4x4, keempat serat optik dikupas bagian *coating* (jaket pelindung serat optik). Kemudian dilakukan pengupasan pada bagian *cladding* dengan perendaman *acetone*. Hingga, didapatkan daerah *core* dari serat optik tersebut. Pengupasan hanya dilakukan pada daerah kopling dengan panjang kupasan sebesar 35 mm. Dalam penelitian ini tidak dilakukan variasi panjang kupasan, melainkan pada suhu dan lama pemanasan cetakan *pressing*. Karena pada penelitian sebelumnya dengan konfigurasi yang sama pada *directional coupler*, intensitas cahaya di setiap port pada panjang kupasan 35 mm hampir rata, dengan nilai *coupling ratio* mendekati 0,25 (Januar, 2016). Sehingga dibuat cetakan pressing dengan panjang tersebut.

Dari hasil karakterisasi, intensitas cahaya yang melewati setiap port memiliki nilai yang berbeda. Hal ini dikarenakan beberapa faktor yaitu susunan persegi *directional coupler*. Intensitas cahaya dari serat optik *input* yang melewati tepi serat optik akan menjalar atau pindah ke serat optik di samping dan dibawahnya sehingga intensitas antara ketiganya tidak jauh berbeda namun, untuk serat optik yang terletak diagonal dengan serat optik *input* hanya menerima intensitas dari serat optik yang menerima intensitas cahaya dari serat optik *input*. Sedangkan intensitas cahaya dari serat optik *input* hanya sedikit saja yang sampai pada serat optik yang terletak diagonal dengannya. Terbukti dari data yang didapat pada tabel 4.1 bahwa nilai

intensitas output dari serat optik yang terletak diagonal dari serat optik input selalu memiliki nilai intensitas cahaya paling kecil.

Faktor lainnya yaitu ketebalan serat optik, yang sangat berpengaruh pada *directional coupler* susunan persegi. Karena semua sisi serat optik dikupas dan hanya tersisa bagian *core*. Selain itu, ada faktor panas. Pada waktu melakukan penggandengan serat optik sedikit mengalami pelengkungan dan penyusutan, sehingga saat dilakukan *pressing* ada bagian *core* yang sedikit tidak rata.

Proporsi daya masukan pada masing-masing keluaran CR (*coupling ratio*) dan Le (*excess loss*) tidak sama pada tiap port masukan. Perbedaan nilai-nilai tersebut salah satunya terjadi akibat ketidaksimetrisan sepanjang daerah kupasan dan daerah ujung pengupasan antara kedua serat optik pada saat proses penggandengan. Ketidaksimetrisan terjadi akibat struktur permukaan serat optik hasil pengupasan yang tidak rata dan panjang kupasan yang tidak sama (dalam orde kecil) untuk sepasang serat optik yang digandeng. Hal ini dikarenakan daerah kerja pada serat optik dalam orde nano (panjang gelombang), sedangkan fabrikasi yang dilakukan secara konvensional. Selain itu, hasil fabrikasi juga mempengaruhi. Pada setiap fabrikasi yang dilakukan serat optik yang tergandeng beberapa dari serat optik melintir atau melengkung.

Dari hasil perhitungan parameter *directional coupler* yang telah difabrikasi, dapat disimpulkan bahwa semua variasi telah memenuhi standar parameter *directional coupler* hasil fabrikasi industri untuk serat optik. Nilai CR yang didapatkan mendekati 0,25 yaitu berkisar antara 0,22-0,27, hal ini menunjukkan bahwa semua *directional coupler* digunakan sebagai divais pemecah berkas (*beam splitter*) maupun sebagai pembagi daya (*power divider*). Apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya menggunakan metode *fused biconical tapered* (FBT) konfigurasi 4x4 nilai *coupling ratio* hampir sama. Pada penelitian sebelumnya nilai *coupling ratio* berkisar 0.21-0.27. Akan tetapi nilai *excess*

loss (Le) pada metode heating and pressing cukup tinggi dibandingkan metode *fused biconical tapered* (FBT). Pada penelitian ini, didapatkan nilai prosentase daya output pada masing-masing port kurang dari 100%. Hal ini sesuai dengan teori mode terkopel yaitu pada *directional coupler* dari serat optik *multimode* yang mengalami kebocoran, yaitu moda tinggi pada serat optik pertama akan berpindah ke serat optik yang lain, sedangkan moda rendah tetap pada serat optik pertama.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

1. Telah dilakukan fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 4x4 dari serat optik mode jamak dengan pendekatan metode *heating and pressing* dengan panjang kupasan 35 mm pada suhu 120⁰c dengan lama pemanasan cetakan *pressing* selama 30 menit.
2. Telah dilakukan karakterisasi *directional coupler*, sehingga diperoleh nilai *coupling ratio* (CR) yang mendekati 0,25 yaitu berkisar antara 0,22-0,27. Sedangkan nilai excess loss pada port A1, B1, C1, dan D1 berturut-turut sebesar -4, -5.03, -5.91, dan -5.38.

5.2 Saran

Dari hasil penulisan tugas akhir ini disarankan:

1. Pada *directional coupler* konfigurasi 4x4 susunan persegi dilakukan pelapisan menggunakan resin atau lem epoxy pada sisa bagian kopling yang tidak ikut tergandeng sebagai substrat pengganti *cladding*.
2. Pada *directional coupler* konfigurasi 4x4 susunan persegi dilakukan lebih banyak variasi panjang kupasan dengan selisih rebtang yang lebih kecil (missal: 3mm) untuk mengetahui pada panjang kupasan berapa daya terbagi rata

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Crisp, J., dan Elliott, B. 2005, **Introduction to Fiber Optics**, Jordan Hill, Oxford.
- Farrei, 2002, **Optical Communication System Optical Fibre Couplers and Switch**, Dublin Institute of Technology.
- Hariyanto,E., 2011, **Aplikasi Directional Coupler Serat Optik Mode Jamak Sebagai Sensor Getaran Berbasis Modulasi Intensitas**, Thesis, Fisika-Fmipa, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Hoss, R., 1993, **Fiber Optics**, 2nd edition, Prentice-Hall, New Jersey.
- Iga, K., Kokubun, Y., 2006, **Encyclopedic Handbook of Integrated Optics**, Taylor & Francis.
- Jones Jr, William B., 1988, **Introduction to optical fiber communication systems**, Holt, Rinehart & Winston, Universitas Michigan.
- Keiser, G., 1984, **Optical Fiber Communication**, Mc graw Hill, New York.
- Kim, Kwang Taek, dkk.2013. **Fabrication and Characterization of N×N Plastic Optical Fiber Star Coupler based on Fused Combining**. Korean Journal of Optics and Photonics, Vol.24 No.1 Daegu, Korea
- Krohn, D.A., 2000, **Fiber Optic Sensors: Fundamentals and Applications**, 3rd, Isa, Pennsylvania State University.
- Leno, Frank, 1993, **Introduction to Optics**, 2nd edition, Prentice-Hall, United States America.
- Rohedi, A.Y., 1997, **Perancangan Directional Coupler untuk Aplikasi WDM Struktur 4x4**, Thesis, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Rubiyanto, A., dkk, 2006, **Analisis Directional Coupler Sebagai Pembagi Daya untuk Mode TE 2**, Jurnal

- Fisika dan Aplikasinya Volume 2, Nomor 1, Januari, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Rubiyanto, A., Rohedi, A.Y., 2003, **Optika Terpadu**, Buku ajar Jurusan Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Saleh, B.E.A., Teich, M.C., 2007, **Fundamentals of Photonics**. John Wiley & Sons, New York.
- Sekartedjo,dkk, 2007, **Study of Switching Characteristics in Directional Coupler**, International Symposium of Modern Optics and ITS Applications (ISMOA), Departement of Physics ITB Agust 6-10 2007, Bandung.
- Selection Guide, 2011, **Catalog Sensor PT.Autonics**, Mulia Teknik Indonesia, Jakarta.
- Supadi, Pramono, Y. hadi, Yudhoyono, G., 2006, **Fabrikasi dan Karakterisasi Directional Coupler sebagai Devais Pembagi Daya (Power Divider) 2**, Jurnal Fisika dan Aplikasinya, 060106–1–060106–6.
- Tricker, R., 2002, **Optoelectronic and Fiber Optik Technology**, Jordan Hill, Oxford.
- Zinovis,S., Elazar,J., Tomic,M., 1997, **Fiber Optic Displacement Sensor, Proccedding International Conference of Microelectronics**, University of Belgrade, Belgrede, Vol 2, No 7803.

BIOGRAFI PENULIS



Penulis “Elis Nuraini” merupakan anak ke 1 dari 2 bersaudara yang lahir dari pasangan Bapak Yahya Hendrayana (Alm) dan Ibu Sri Astatik (Almh). Penulis lahir di Kabupaten Lumajang pada 2 September 1994. Penulis menempuh pendidikan formal antara lain di TK R.A. Muslimat N.U Tempeh Tengah, SDN Tempeh Tengah 04, SMPN 1 Tempeh, dan SMAN 2 Lumajang. Penulis menjadi mahasiswi Fisika ITS sejak tahun 2012 melalui jalur masuk SNMPTN tulis dan terdaftar dengan NRP 1112100022. Selama menjadi mahasiswi Fisika ITS, penulis aktif di beberapa organisasi seperti BEM FMIPA ITS selama 2 kepengurusan, FOSIF ITS dan JMMI ITS selama 1 kepengurusan. Harapan penulis adalah agar karya ini dapat bermanfaat untuk pembacanya sebagai sarana mengembangkan potensi diri untuk melakukan penelitian-penelitian terkait. Kritik dan saran yang bersifat membangun dapat dikirim ke nurainielis899@gmail.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A
Data Hasil Karakterisasi *Directional Coupler*
Konfigurasi 4×4 Dengan Menggunakan Metode *Heating and Pressing* Menggunakan BF5R-D1-N

1. Hasil Karakterisasi *Directional Coupler* dengan Panjang Kupasan 35 mm pada Input A1

| No | A1 = 0 | | | |
|----|--------|-----|-----|-----|
| | A2 | B2 | C2 | D2 |
| 1 | 959 | 541 | 455 | 881 |
| 2 | 963 | 542 | 457 | 882 |
| 3 | 963 | 545 | 456 | 881 |
| 4 | 966 | 540 | 457 | 882 |
| 5 | 967 | 539 | 456 | 882 |
| 6 | 968 | 538 | 458 | 881 |
| 7 | 963 | 540 | 457 | 882 |
| 8 | 967 | 540 | 457 | 881 |
| 9 | 964 | 541 | 459 | 882 |
| 10 | 957 | 541 | 460 | 884 |
| 11 | 961 | 541 | 460 | 884 |
| 12 | 963 | 542 | 457 | 884 |
| 13 | 966 | 545 | 457 | 884 |
| 14 | 961 | 540 | 455 | 883 |
| 15 | 962 | 539 | 458 | 885 |
| 16 | 963 | 539 | 455 | 885 |
| 17 | 964 | 540 | 457 | 887 |
| 18 | 973 | 540 | 456 | 887 |
| 19 | 966 | 541 | 457 | 887 |

| | | | | |
|------------------|--------------|---------------|------------|---------------|
| 20 | 966 | 541 | 456 | 885 |
| Rata-rata | 964.1 | 540.75 | 457 | 883.45 |

2. Hasil Karakterisasi *Directional Coupler* dengan Panjang Kupasan 35 mm pada Input B1

| No | B1 = 0 | | | |
|-----------|--------|-----|-----|-----|
| | A2 | B2 | C2 | D2 |
| 1 | 495 | 732 | 536 | 477 |
| 2 | 495 | 732 | 537 | 476 |
| 3 | 495 | 732 | 537 | 474 |
| 4 | 497 | 734 | 538 | 479 |
| 5 | 498 | 733 | 537 | 480 |
| 6 | 495 | 732 | 538 | 477 |
| 7 | 495 | 732 | 537 | 477 |
| 8 | 495 | 732 | 538 | 477 |
| 9 | 497 | 734 | 538 | 480 |
| 10 | 498 | 733 | 536 | 480 |
| 11 | 496 | 732 | 536 | 480 |
| 12 | 497 | 732 | 537 | 480 |
| 13 | 496 | 732 | 537 | 477 |
| 14 | 496 | 734 | 538 | 478 |
| 15 | 498 | 733 | 537 | 478 |
| 16 | 495 | 732 | 536 | 478 |
| 17 | 495 | 732 | 537 | 479 |
| 18 | 495 | 732 | 537 | 479 |
| 19 | 497 | 734 | 538 | 478 |
| 20 | 498 | 733 | 537 | 479 |

| | | | | |
|------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| Rata-rata | 496.15 | 732.6 | 537.1 | 478.15 |
|------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|

3. Hasil Karakterisasi *Directional Coupler* dengan Panjang Kupasan 35 mm pada Input C1

| No | C1 = 0 | | | |
|------------------|--------------|------------|--------------|--------------|
| | A2 | B2 | C2 | D2 |
| 1 | 410 | 468 | 538 | 415 |
| 2 | 410 | 468 | 538 | 415 |
| 3 | 413 | 469 | 538 | 415 |
| 4 | 413 | 470 | 539 | 415 |
| 5 | 412 | 470 | 539 | 413 |
| 6 | 412 | 468 | 538 | 415 |
| 7 | 412 | 468 | 538 | 415 |
| 8 | 411 | 469 | 538 | 415 |
| 9 | 411 | 470 | 539 | 415 |
| 10 | 410 | 470 | 539 | 416 |
| 11 | 410 | 468 | 538 | 415 |
| 12 | 410 | 468 | 538 | 415 |
| 13 | 413 | 469 | 538 | 415 |
| 14 | 413 | 470 | 539 | 415 |
| 15 | 412 | 470 | 539 | 417 |
| 16 | 412 | 468 | 538 | 415 |
| 17 | 412 | 468 | 538 | 415 |
| 18 | 411 | 469 | 538 | 415 |
| 19 | 411 | 470 | 539 | 415 |
| 20 | 410 | 470 | 539 | 416 |
| Rata-rata | 411.4 | 469 | 538.4 | 415.1 |

4. Hasil Karakterisasi *Directional Coupler* dengan Panjang Kupasan 35 mm pada Input D1

| No | D1 = 0 | | | |
|-----------|--------|--------|-------|-------|
| | A2 | B2 | C2 | D2 |
| 1 | 546 | 464 | 497 | 568 |
| 2 | 546 | 464 | 497 | 568 |
| 3 | 547 | 464 | 497 | 567 |
| 4 | 545 | 464 | 497 | 567 |
| 5 | 545 | 464 | 497 | 567 |
| 6 | 546 | 464 | 497 | 567 |
| 7 | 546 | 464 | 497 | 568 |
| 8 | 547 | 464 | 498 | 568 |
| 9 | 545 | 464 | 498 | 568 |
| 10 | 545 | 464 | 498 | 568 |
| 11 | 546 | 464 | 498 | 568 |
| 12 | 546 | 464 | 498 | 568 |
| 13 | 455 | 464 | 498 | 568 |
| 14 | 545 | 464 | 497 | 568 |
| 15 | 545 | 464 | 497 | 568 |
| 16 | 546 | 464 | 497 | 568 |
| 17 | 546 | 464 | 497 | 570 |
| 18 | 547 | 463 | 497 | 570 |
| 19 | 547 | 463 | 497 | 570 |
| 20 | 545 | 463 | 497 | 570 |
| Rata-rata | 541.3 | 463.85 | 497.3 | 568.2 |

LAMPIRAN B

Datasheet Serat Optik Plastik Tipe FD-620-10

Fiber Optic Cable

Specifications(Transmitted beam)

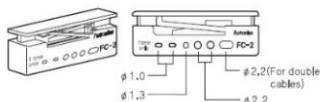
| Dimension | Model | (Note1) Cable length(L) | (Note2) Sensing distance (mm) | (Note3) Min. sensing target |
|---|-------------|-------------------------------|--|--------------------------------------|
| Free cut | FT-320-05 | 2m | 150 | φ 0.5 |
| Free cut | FT-420-10 | 2m | 500 | φ 1 |
| Free cut Cylinder type | FTC-220-05 | 2m | 150 | φ 0.5 |
| Free cut Cylinder type | FTC-320-10 | 2m | 500 | φ 1 |
| Free cut SUS Cylinder type | FTCS-220-05 | 2m | 150 | φ 0.5 |
| Free cut Plastic type | FTP-320-10 | 2m | 500 | φ 1 |

Accessory

Fiber cutter

Usage : Free cut type, fiber optic cable cutting

●FC-2



Adapter

Adapter : should be used,



※Note1)

The inside diameter φ 1.0(Standard and black)
The inside diameter φ 1.3(Only applied to the receiver of
FD-320-F1 and dark gray.)

(Unit:mm)

encoder

(N) Stepping
motor &
Driver &
Controller

(O) Graphic
panel

(P) Production
stoppage
models &
replacement

Autonics

K-96

Fiber Optic Cable

■ Dimensions

| Model | Diffuse reflective | |
|--|--------------------|--|
| FD-320-05 M3-D0.5 Free cut Adapter | | |
| FD-420-05 M4-D0.5 Free cut Adapter | | |
| FD-620-10 M6-D1.0 Free cut | | |
| FDC-320-05 M3-D0.5 Free cut Adapter | | |
| FDCS-320-05 φ3-D0.5 SUS φ1.5×15mm | | |